

rochromatic short arms remaining from the above estimate, according to the FN two could correspond to the heterochromatic short arms of chromosome pair no. 13 of *M. newtoni*. On five chromosome pairs of the Rumanian hamster, additional heterochromatic telomeric bands exist in contrast to their correlates in the Syrian hamster; in the Syrian hamster only one chromosome pair (no. 2) possesses a supplementary heterochromatic band on its short arm, contrary to its correlate in the Rumanian hamster.

In conclusion, a rough assessment indicates that within the autosomes, the quantity of constitutive heterochromatin remains approximately constant, and the difference in FN is due to the presence of four supplementary heterochromatic short arms in the Syrian hamster; however, this heterochromatin is nevertheless present and can tentatively be located in the karyotype of the Rumanian hamster.

Hsu and ARRIGHI (1971) assumed the addition of heterochromatin for the formation of new arms to be a possible mechanism of karyotype evolution in the Syrian hamster. Since both of the hamster species examined here have some chromosomes with entire heterochromatic short arms, this hypothesis does not contribute to the problem of the ancestral hamster genome.

In the sex chromosomes, the quantity of constitutive heterochromatin is different between these two species. It is known that the X-chromosome of *M. auratus* represents about 10,2% of the female haploid complement (SCHMID 1967). For the X-chromosome of *M. newtoni* we have estimated this figure to be 7,4% (VOICULESCU et al. 1972). It can be assumed that the euchromatic segments of the X-chromosomes in both species are of equal size and homologous having the same banding pattern. For the difference in length, therefore, a larger quantity of constitutive heterochromatin on the X-chromosome of *M. auratus* is responsible. The Y-chromosome seems also to be longer in the Syrian hamster.

Summary

The presumed homology between the chromosomes of Rumanian and Syrian hamsters is discussed. In general a good correspondence of the chromosomal banding patterns of these two species is found. The difference in fundamental number (FN = 76 in *M. newtoni* and 80 in *M. auratus*) is due to four additional heterochromatic short arms in the Syrian hamster. This heterochromatin nevertheless is present and can tentatively be located in the karyotype of the Rumanian hamster. It is concluded that within the autosomes, the quantity of constitutive heterochromatin remains approximately constant in both species. In this study translocations were found to be a frequent chromosomal change; amongst these, only one of the Robertsonian type was observed. The euchromatic segments of the X-chromosomes possess two characteristic bands and this banding pattern seems to be a general feature of eutherian X-chromosomes.

Zusammenfassung

Eine vergleichende Untersuchung über Bänderungsmuster der Chromosomen von Mesocricetus newtoni und Mesocricetus auratus

Die Frage der Homologie zwischen den Chromosomen des rumänischen Hamsters und des Goldhamsters wird untersucht. Die Bänderungsmuster auf den Chromosomen beider Species entsprechen sich weitgehend. Der Unterschied in der Anzahl Chromosomenarme (76 bei *M. newtoni* und 80 bei *M. auratus*) ist durch vier heterochromatische kurze Arme bedingt, die sich beim Goldhamster zusätzlich finden. Diese heterochromatischen Anteile lassen sich jedoch auch mutmaßlich im Chromosomensatz des rumänischen Hamsters nachweisen. Daraus ist zu schließen, daß der Anteil an konstitutivem Heterochromatin auf den Autosomen bei beiden Species etwa gleich ist. Weiterhin ließen sich eine Anzahl von Translokationen nachweisen, durch die sich die beiden Arten unterscheiden, darunter nur eine Robertsonische Translokation. Die euchromatischen Segmente des X-Chromosoms weisen zwei charakteristische Bänder auf, die auch auf den X-Chromosomen anderer Plazentalier zu beobachten sind und daher ein generelles Merkmal darstellen dürften.

Acknowledgements

I wish to express my sincere gratitude to Prof. Dr. U. WOLF who made valuable criticism of the manuscript and to Dr. W. VOGEL for his suggestions and criticism.

References

- ARRIGHI, F. E.; HSU, T. C. (1971): Localization of heterochromatin in human chromosomes. *Cytogenetics* 10, 81–86.
- CHAUDHURI, J. P.; VOGEL, W.; VOICULESCU, I.; WOLF, U. (1971): A simplified method of demonstrating Giemsa-band pattern in human chromosomes. *Humangenetik* 14, 83–84.
- FREDGA, K. (1972): Comparative chromosome studies in mongooses (Carnivora, Viverridae) I. Idiograms of 12 species and karyotype evolution in Herpestinae. *Hereditas* 71, 1–74.
- FREDGA, K.; SANTESSON, B. (1964): Male meiosis in the Syrian, Chinese and European hamsters. *Hereditas* 52, 36–48.
- GALTON, M.; HOLT, S. F. (1964): DNA replication pattern of the sex chromosomes in somatic cells of the Syrian hamster. *Cytogenetics* 3, 97–101.
- HSU, T. C.; ARRIGHI, F. E. (1966): Chromosomal evolution in the genus *Peromyscus* (Cricetidae, Rodentia). *Cytogenetics* 5, 355–359.
- HSU, T. C.; ARRIGHI, F. E. (1971): Distribution of constitutive heterochromatin in mammalian chromosomes. *Chromosoma* (Berl.) 34, 243–253.
- LEHMAN, J.; MACPHERSON, I.; MOORHEAD, P. (1963): Karyotype of the Syrian hamster. *J. Nat. Cancer Inst.* 31, 639–651.
- MATTHEY, R. (1961): Cytologie comparée des Cricetinae paléarctiques et américains. *Rev. Suisse Zool.* 68, 41–61.
- (1964): Evolution chromosomique et spéciation chez les *Mus* du sousgenre *Leggada* Gray 1937. *Experientia* 20, 657–666.
- NADLER, C. F. (1969): Chromosomal evolution in Rodents. In: *Comparative Mammalian Cytogenetics*. Ed. by K. BENIRSCHKE. New York: Springer.
- RAICU, P.; BRATOSIN, S. (1966): Le caryotype chez le *Mesocricetus newtoni* (Nehring, 1898). *Z. Säugetierkunde* 31, 251–255.
- RAICU, P.; HAMAR, M.; BRATOSIN, S.; BORSAN, I. (1968): Cytogenetical and biochemical researches in the Rumanian hamster (*Mesocricetus newtoni*). *Z. Säugetierkunde* 33, 186–192.
- SCHMID, W. (1967): Heterochromatin in mammals. *Arch. Klaus-Stift.* 42, 1–60.
- SCHNEDL, W. (1971): Analysis of the human karyotype using a reassociation technique. *Chromosoma* (Berl.) 34, 448–454.
- VOICULESCU, I.; VOGEL, W.; WOLF, U. (1972): Karyotyp und Heterochromatinmuster des rumänischen Hamsters (*Mesocricetus newtoni*). *Chromosoma* (Berl.) 39, 215–224.
- WURSTER, D. H.; SNAPPER, J. R.; BENIRSCHKE, K. (1971): Unusually large sex chromosomes: new methods of measuring and description of karyotypes of six rodents (*Myomorpha* and *Hystrichomorpha*) and one Lagomorph (*Ochotonidae*). *Cytogenetics* 10, 153–176.
- YERGANIAN, G. (1972): History and cytogenetics of hamsters. *Progr. in Exp. Tumor Res.* 16, 2–41.

Author's address: Dr. I. VOICULESCU, Institute of Biological Sciences, Dept. of Genetics, Spl. Independentei 296, Bucharest 17/Romania

Zur Variabilität des Molaren-Schmelzschlingenmusters der Nordischen Wühlmaus, *Microtus oeconomus* (Pallas, 1776)

Von WERNER JORGA

Eingang des Ms. 3. 12. 1973

Einleitung

Für die Taxonomie der Wühlmäuse sind die Backenzahn-Schmelzschlingenmuster von besonderer Wichtigkeit. Bei Gewöllanalysen und pleistozänen Ausgrabungen bieten sie als Art- und Gattungskennzeichen oft die einzige Determinationsmöglichkeit (REICHSTEIN 1966). Da mit der Bildung der Schmelzkappen keine Formveränderungen der Zähne mehr eintreten, kommt diesen Mustern gerade bei der Bestimmung von juvenilen *Microtinae*, die nach äußeren Merkmalen nicht immer exakt zu bestimmen sind, Bedeutung zu.

Diagnostisch von Wichtigkeit sind im Gebiß der Wühlmäuse vor allem die Schmelzschlingenmuster des vorderen unteren Backenzahnes (M_1) und des dritten oberen M^3 , in einzelnen Fällen auch die des zweiten oberen (M^2).

Die Nordische Wühlmaus besitzt normalerweise am M_1 vier geschlossene Schmelzdreiecke (innen zwei, außen zwei) und am dritten oberen M^3 vier Schmelzzacken (innen zwei, außen zwei). Diese Kombination gilt bei *Microtus oeconomus* als „Normalform“ (Abb. 1 und 2; N = Normalform).

Neben den sich aboral verjüngenden Gaumenspalten ist diese Form des Kauflächenbildes von M_1 und M^3 das sicherste Erkennungsmerkmal am Schädel der Nordischen Wühlmaus (KAHMANN 1951; MOHR 1954; HEPTNER 1956; GAFFREY 1961; ZIMMERMANN 1961, 1966; MÄRZ 1969; BOHLKEN und REICHSTEIN 1971).

Aber gerade diese für die Taxonomie der Wühlmäuse bedeutungsvollen Molaren besitzen eine enorme Variationsfähigkeit (RÖRIG und BÖRNER 1905; OGNEW 1950; EHIK 1953; BAUER 1953; KRATOCHVIL und ROSICKY 1955; STEIN 1958), so daß Fehldeterminationen nicht immer ausgeschlossen sind (REICHSTEIN und REISE 1965; REICHSTEIN 1966).

Es ist wichtig, die innerartliche Variabilität hier möglichst vollständig zu erfassen, und dies gelingt nur bei umfangreicher Materialgrundlage. Wesentlich kann eine solche Bestandsaufnahme auch für die Beurteilung evolutiver Veränderungen sein, da den Molaren der *Microtinae* dabei eine Schlüsselrolle zukommt (HERRE 1962; GUTHRIE 1965). Gekennzeichnet wird die Phylogenie der Schmelzschlingenmuster durch zunehmende Komplizierung. Die ältesten Muster sind die einfachsten. So sind von pliozänen Wühlmäusen bisher keine dritten oberen Molaren mit mehr als zwei Innenschlingen bekannt (G. H. W. STEIN briefl.), wogegen rezente *M. oeconomus* bis zu fünf besitzt.

Material

Zur Untersuchung lagen 386 Schädel von *Microtus oeconomus* aus Fallenfängen des Verfassers in den südlichen Randgebieten des Areals dieser Wühlmaus auf dem Gebiet der DDR in den Jahren 1967 bis 1968 und 1970 bis 1972 vor. Die Tiere stammen aus sumpfigen Wiesen der Orte Eulo, Klein-Jamno, Simmersdorf, Klein-Kölzig (Kreis Forst), Neuendorf, Branitz

(Kreis Cottbus), Groß-Mehßow (Kreis Calau), Bornsdorf, Wierigsdorf (Kreis Luckau), Brandis, Knippelsdorf (Kreis Herzberg, südlich des Niederen Flämings), Herbersdorf, Ihlow (Kreis Jüterbog, südlich des Niederen Flämings), Glashütte (Kreis Zossen), Schöneweide, Luckenwalde (Kreis Luckenwalde), Niemegek (Kreis Belzig), Ziesar (Kreis Brandenburg) und Paplitz (Kreis Genthin) (JORGA 1971).

Außerdem wurden zum Vergleich 95 Schädel der Nordischen Wühlmaus aus der Umgebung von Fürstenwalde/Spree (G. H. W. STEIN leg.) und sechs Schädel von Kis-Balaton (Ungarn) aus der Sammlung des Berliner Zoologischen Museums durchmustert.

Für eine kritische Durchsicht des Manuskriptes habe ich Prof. Dr. STEIN zu danken.

Ergebnisse

Variabilität des M_1

Das Schmelzschlingenmuster des ersten unteren Backenzahnes, das für *Microtus oeconomus* ja arttypisch ist, zeigt nach den Untersuchungen von RÖRIG (1909) sowie VAN WIJNGAARDEN und ZIMMERMANN (1965) auf dem Gebiet der DDR keine größeren Abweichungen. Nach SCHAEFER (1935) existieren jedoch bei 10 Prozent der Tiere aus Kostrzyn auch M_1 mit fünf geschlossenen Dreiecken (drei geschlossene Dreiecke an der Zahninnenseite, zwei an der Zahnaußenseite). Bei der Durchsicht von 33 Kiefern der Nordischen Wühlmaus aus Nordostpolen konnte er dieses Muster nicht entdecken (vgl. Abb. 1, Varianten 10 und 11).

OGNEW (1950) gibt vier Varianten des M_1 mit fünf geschlossenen Dreiecken bei Tieren aus Archangelsk, Sosnowki, der Mongolei und von der Insel Schantar an, verzichtet aber auf quantitative Angaben. Auch EHIK (1953) findet bei *Microtus oeconomus mehelyi* in Ungarn dieses Merkmal.

Nach den Untersuchungen von KRATOCHVIL und ROSICKY (1955) kommen bei slowakischen Populationen unter 100 Schädeln mindestens 20 mit fünf geschlossenen Schmelzdreiecken am M_1 vor. An Gewöllschädeln ausgegrabener *M. oeconomus* (Westküste Schleswig-Holsteins) registrierte REICHSTEIN (1970) dieses Muster am M_1 bei

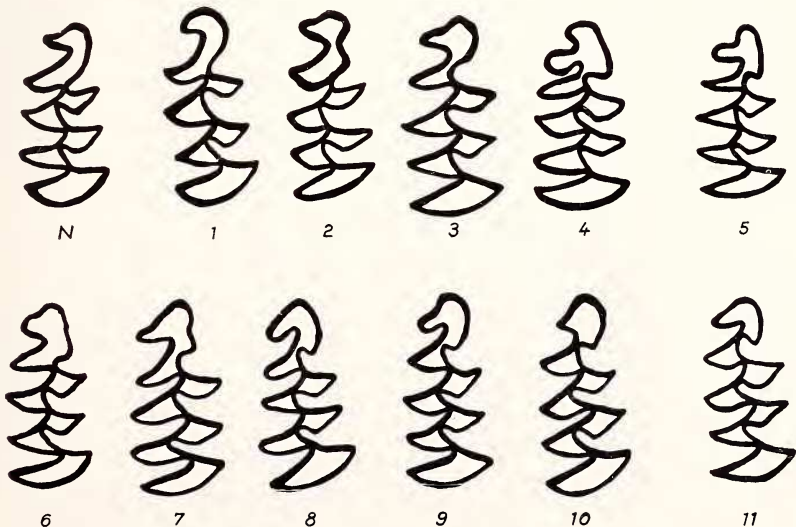


Abb. 1. Variabilität des ersten Molaren (M_1) im rechten Unterkiefer von *M. oeconomus*

Tabelle 1
Variabilität des ersten Molaren (M₁) im rechten Unterkiefer von *Microtus oeconomus*
 (Fürstenwalde/Spree und Untersuchungsgebiet)

Fundorte	Anzahl der untersuchten Unterkiefer	N	Häufigkeit der Varianten											Sonderform in Fürstenwalde				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
Fürstenwalde/Spree	91	79	1															1
Eulo	9	6								4		1					5	
Klein-Jamno	14	8							1		1						2	
Simmersdorf	1	1															2	
Klein-Kölzig	40	21	2	2	1			1		6		3					3	
Neuendorf	2	1										1					2	
Branitz	40	31								5		2					1	
Groß-Mehlkow	5	1			2			1									1	
Wierigsdorf	1																1	
Südlich des Niederen																		
Filänings	26	15	1							7							2	
Knippelsdorf	87	26	33	1	4		1		1	3		3				13	2	
Glashütte	2	2																
Schöneweide	1	1																
Luckenwalde	8	3			1												1	
Niemegk	12	5	3							1		1				1	2	
Ziesar	32	25	1							1		2				3	3	
Papltitz	12	9								1						2	2	

4 von 35 Zähnen. In meinem Material fand es sich bei drei Unterkiefern aus dem Kreise Forst und bei zwei von Luckenwalde und Knippelsdorf (Tab. 1).

Weitere 40 Unterkiefer von der südlichen Arealgrenze in der DDR und sechs Schädel von Fürstenwalde/Spree zeigten am M_1 vier geschlossene Dreiecke und ein bis auf einen winzigen Zwischenraum nicht geschlossenes fünftes Dreieck (Varianten 4, 5, 8 und 9, Tab. 1/Abb. 1).

Bei 13 Schädeln aus Knippelsdorf und bei vier aus dem Kreise Forst (Eulo, Klein-Jamno) ähnelt der M_1 dem ersten unteren Backenzahn von *Microtus nivalis* (Variante 9, Tab. 1/Abb. 1). Die Varianten 4, 5 und 11 der Abb. 1 kommen relativ selten vor (Tab. 1). Dagegen ist die Variante 6 neben der Normalform und Variante 8 die dritthäufigste Form des M_1 im Untersuchungsgebiet. Eine gewisse Ausnahme stellen die Schmelzschlingenmuster des M_1 der Tiere aus Knippelsdorf dar. Hier ist die Variante 1 häufiger als die Normalform. Als dritthäufigste Form folgt die Variante 9. Auffallend sind die öfter auftretenden M_1 mit einer zusätzlichen Schmelzschlinge am oralen Abschnitt der Außenseite (Varianten 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

Variabilität des Schmelzschlingenmusters am M^3

Während bei *Microtus oeconomus méhelyi* fünf Schlingen an der Innenseite des M^3 recht häufig sind (EHIK 1953; BAUER 1953; KRATOCHVIL und ROSICKY 1955), kommt es bei den Wühlmäusen aus der VR Polen und der DDR selten zu diesem Muster (RÖRIG und BÖRNER 1905; RÖRIG 1909 und VAN WIJNGAARDEN und ZIMMERMANN 1965).

Auch REICHSTEIN (1970) stellte keine Variabilität des M^3 bei Fossilmaterial aus Elisenhof (Westküste Schleswig-Holsteins) fest. OGNEW (1950) gibt Formen des M^3 mit fünf Innenschlingen für Tiere von Semipalatinsk und von der Insel Schantar an, die meinen Varianten 18 und 22 (Abb. 3) ähnlich sehen.

Ich konnte fünf Schlingen an der Innenseite des M^3 (Varianten 18, 19, 20, 21

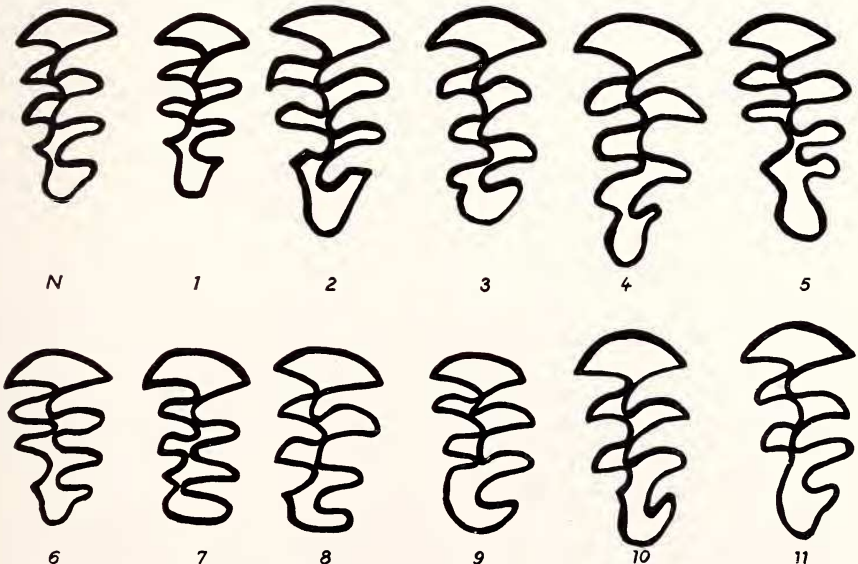


Abb. 2. Variabilität des ersten Molaren (M^3) im rechten Oberkiefer von *M. oeconomus*

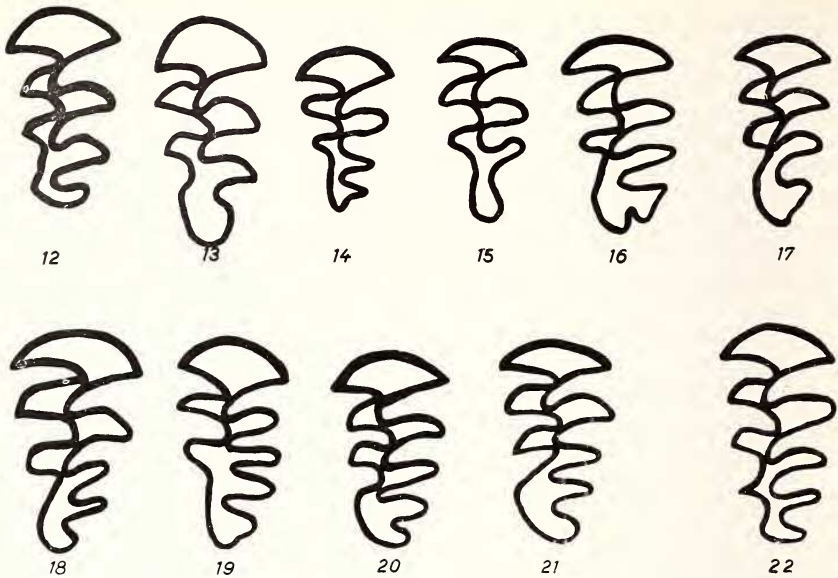


Abb. 3. Variabilität des dritten Molaren (M^3) im rechten Oberkiefer von *M. oeconomus* (Forts. von Abb. 2)

und 22) an 18 Schädeln des Untersuchungsgebietes und an vier aus der Umgebung von Fürstenwalde zählen. Besonders in Branitz (Kreis Cottbus) und südlich des Niederen Flämings ist dieses Merkmal nicht selten (Tab. 2). Neben der Normalform des M^3 (N, Abb. 2) fand ich am nächsthäufigsten die Variante 11 (Abb. 2). Bei den Tieren aus Fürstenwalde, Eulo und Klein-Kölzig war das Muster 11 genauso häufig wie die Normalform (N) und in Niemegk und Paplitz sogar öfter vertreten als diese. Die Variante 17 (Abb. 3) ist bei den Knippelsdorfer Wühlmäusen nach der Normalform die häufigste.

Bei einem subadulten Tier aus dem Gebiet südlich des Niederen Flämings (Ihlow) wurde die Variante 15 (Abb. 3) entdeckt, die Simplex-Form von *Microtus arvalis* (STEIN 1958).

Sonst fehlen bei den untersuchten Nordischen Wühlmäusen an der südlichen Verbreitungsgrenze M^3 -Formen mit nur drei Außenschlingen (Tab. 2).

Variabilität des Schmelzschlingenmusters am M^2

RUPRECHT (1967) fand bei der Durchsicht von 610 Schädeln der Nordischen Wühlmaus (fünf verschiedene Populationen) aus Zentral- und Ostpolen einen Oberkiefer mit der Variante 4 (Abb. 4), zwei mit der Variante 1 meiner Darstellung.

Eine geographische Regelmäßigkeit des Vorkommens dieser Zahnmuster-Anomalie entdeckte er nicht, nur daß dieser Typ der M^2 -Struktur in den verschiedenen Populationen mit entsprechender Häufigkeit vorkommt. Alle vier Varianten betragen nach RUPRECHTS Untersuchungen zusammen 3,1 Prozent.

Auch mir lag unter 95 Schädeln aus Fürstenwalde/Spree ein rechtsseitiger M^2 mit der Variante 4 (Tab. 3/Abb. 4) vor. Bei 179 Schädeln aus dem südlichen Randgebiet der Verbreitung in der DDR wurde in 21 Fällen die Variante 1 (Abb. 4) und bei einem Schädel aus Klein-Jamno die Variante 3 (Tab. 3) festgestellt.

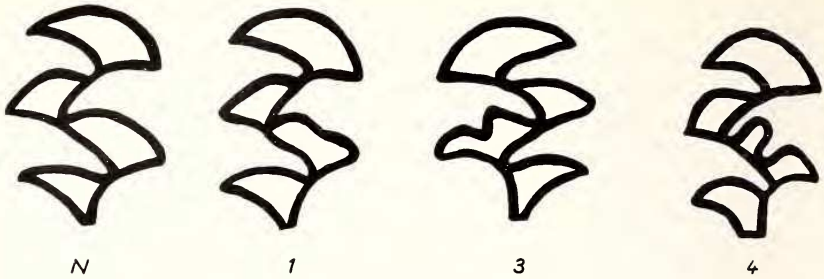


Abb. 4. Variabilität des zweiten Molaren (M_2) im Oberkiefer von *M. oeconomus*

Variabilität des Schmelzschlingennusters am M_3

Der Unterkiefer M_3 spielt bei der Bestimmung von Wühlmaus-Schädeln kaum eine Rolle, weil er zwischen den Arten so gut wie keine Unterschiede zeigt. Nach GUTHRIE (1965) variiert er in seiner Form nur zwischen den Gattungen. Eine geringe Veränderlichkeit der drei typischen Doppelp Prismen am M_3 (N = Normalform/Abb. 5) geben bereits RÖRIG und BÖRNER (1905) an. Variante 3/Abb. 5 ist typisch für *Microtus cabreræ*, einige amerikanische *Microti* und die *Lemmi* (Abb. z. B. NIETHAMMER et al. 1964). Neben den häufigeren Formen (N , 1, 2) kommt diese Variante 3 bei zwei Schädeln aus Fürstenwalde/Spree, Eulo, Groß-Mehßow, Knippelsdorf und bei drei aus Klein-Jamno vor.

Beginnende Einschnürungen am zweiten Doppelp Prisma zeigen die Formen 2, 5, 6, 7 und 8 (Abb. 5). Während die Varianten 2, 7 und 8 im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes gefunden wurden, tritt die Variante 6 vereinzelt im westlichen Teil auf (Tab. 4).

Diskussion

Die Populationen der Nordischen Wühlmaus an der südlichen Verbreitungsgrenze in der DDR weisen mitunter stark von der Normalform abweichende Molaren-Schmelzschlingennuster auf. In verschiedenen Lokalitäten dieses südlichen Arealrandes sind einzelne Varianten des Schmelzschlingennusters häufiger als die Normalform.

Der erste untere Backenzahn kann sogar fünf statt vier geschlossene Schmelzdrei-

Tabelle 3

Variabilität des zweiten Molaren (M_2) im Oberkiefer von *Microtus oeconomus*
(Fürstenwalde/Spree und Untersuchungsgebiet)

Fundorte	Anzahl der untersuchten Oberkiefer	Häufigkeit der Varianten			
		N	1	3	4
Fürstenwalde/Spree	95	94			1
Eulo	9	8	1		
Klein-Jamno	14	12	1	1	
Simmersdorf	1		1		
Klein-Kölzig	40	39	1		
Bornsorf	2	1	1		
Südlich des Niederen Flämings	26	25	1		
Knippelsdorf	87	72	15		

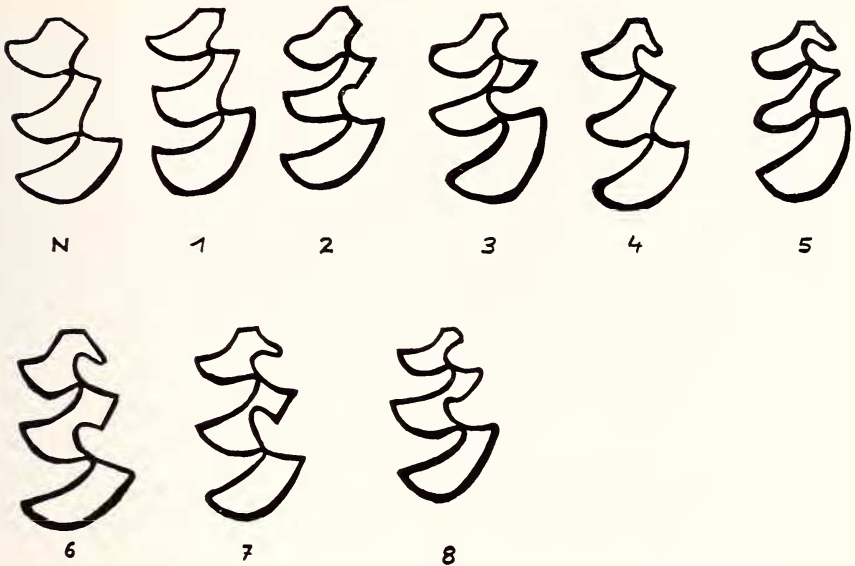


Abb. 5. Variabilität des dritten Molaren (M_3) im rechten Unterkiefer von *M. oeconomus*

ecke besitzen oder dem M_1 von *Microtus nivalis* ähneln. Am M^3 sind fünf Schlingen an der Innenseite keine Seltenheit. Ein subadultes Tier aus Ihlow (südlich des Niederen Flämings) zeigt die Simplex-Form von *Microtus arvalis*.

Tabelle 4

Variabilität des dritten Molaren (M_3) im rechten Unterkiefer von *Microtus oeconomus*
(Fürstenwalde/Spree und Untersuchungsgebiet)

Fundorte	Anzahl der untersuchten Unterkiefer	Häufigkeit der Varianten								
		N	1	2	3	4	5	6	7	8
Fürstenwalde (Spree)	93	77	10	3	2					1
Eulo	9	5	2		2					
Klein-Jamno	12	6	2		3					
Simmersdorf	1	1								
Klein-Kölzig	39	12	9	6		1	3		4	4
Neuendorf	2		2							
Branitz	45	32	9	2			1	1		
Gallinchen	1	1								
Groß-Mehßow	5	1		2	2					
Wierigsdorf	1	1								
Bornsdorf	2		1	1						
Südlich des Niederen Flämings	26	20	4	2						
Knippelsdorf	76	38	26	6	2	1			1	2
Glashütte	2	1	1							
Schöneweide	1		1							
Luckenwalde	8	2	5						1	
Niemegk	12	7	3			1			1	
Ziesar	34	29	3				1		1	
Papltitz	12	10		1					1	